



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 03 021 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 06 K 9/00
H 01 L 21/66
G 01 B 11/00
G 01 B 11/03
G 01 N 23/22

⑳ Aktenzeichen: 198 03 021.5
㉔ Anmeldetag: 27. 1. 98
㉕ Offenlegungstag: 30. 7. 98

DE 198 03 021 A 1

③① Unionspriorität:
9-14922 29. 01. 97 JP
⑦① Anmelder:
Hitachi, Ltd., Tokio/Tokyo, JP
⑦④ Vertreter:
Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München

⑦② Erfinder:
Mizuno, Fumio, Tokorozawa, Saitama, JP

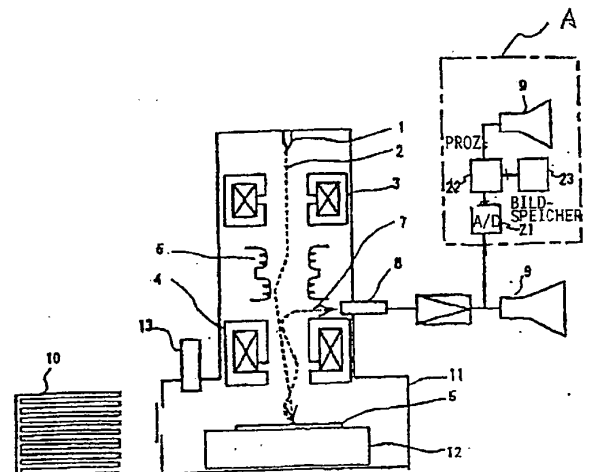
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Musteruntersuchung

⑤⑦ Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Musteruntersuchung angegeben, bei denen das Bild einer Probe erzeugt wird und ein auf der Probe ausgebildetes Muster untersucht wird. Dieses Verfahren umfaßt die folgenden Schritte:

- Einspeichern eines Referenzbilds, das einem Bild der Probe entspricht, in einen Speicher;
- Vergleichen des aus dem Speicher ausgelesenen Referenzbilds mit dem Bild der Probe;
- Erkennen von Unterschiedsabschnitten zwischen dem Referenzbild und dem Probenbild als Defekte; und
- Bestimmen der Wahrscheinlichkeit, daß die Probe in ihrer fertiggestellten Form einen Killerdefekt (Defekt, der einen Ausfall verursacht) aufweist, auf Grundlage der erkannten Unterschiedsabschnitte.



DE 198 03 021 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Musteruntersuchung, wobei es sich um eine der unabdingbaren Techniken zum Herstellen von Mustern handelt, wie sie auf verschiedenen industriellen Gebieten einschließlich der Herstellung von Halbleiterbauteilen verwendet werden. Insbesondere betrifft sie eine Vorrichtung zur Musteruntersuchung, bei der ein Bild unter Verwendung einer Vorrichtung wie eines Rasterelektronenmikroskops (REM für visuelle Untersuchung), eines Laserrastermikroskops, eines i-Strahl-Mikroskops oder eines Atomkraft-Rastermikroskops hergestellt wird, wobei das Muster durch Betrachten des so hergestellten Bilds untersucht wird.

Ein typisches Anwendungsgebiet der Erfindung ist der Bereich der Halbleiterherstellung. Bei der Halbleiterherstellung wird in weitem Umfang ein REM für visuelle Untersuchung zur Musteruntersuchung verwendet. Die Untersuchung einer Musterform unter Verwendung eines REM für visuelle Untersuchung wird z. B. mittels der folgenden Schritte ausgeführt.

Ein zu untersuchender Wafer, der einer Waferkassette entnommen wurde, wird einem Vorausrichtungsprozeß unterzogen, wobei ein ebener oder gekerbter Ausrichtungsabschnitt des Wafers als Referenz verwendet wird. Die Vorausrichtung ist ein Prozeß zum Ausrichten der Kristallrichtung des Wafers in der Verstellrichtung eines XY-Tisches. Nach der Vorausrichtung wird der Wafer zum XY-Tisch transportiert und an diesem montiert und in einer unter Vakuum gehaltenen Probenkammer positioniert. Der auf dem XY-Tisch montierte Wafer wird dann unter Verwendung eines an der Oberseite der Probenkammer montierten optischen Mikroskops einem Ausrichtungsprozeß unterzogen. Dieser Ausrichtungsprozeß wird dazu verwendet, das Koordinatensystem des auf dem Wafer ausgebildeten Musters mit dem Koordinatensystem des Tisches auszurichten. Genauer gesagt, erfolgt die Ausrichtung durch Vergleichen des durch das optische Mikroskop mehrhundertfach vergrößerten Bilds des auf dem Wafer erzeugten Ausrichtungsmusters mit einem vorab aufgezeichneten Referenzbild für das Ausrichtungsmuster sowie durch Einstellen der Positionskordinaten des Tisches in solcher Weise, daß sich das erste Bild genau mit dem letzteren, dem Referenzbild, deckt. Nach der Ausrichtung wird der Wafer durch Verstellen des Tisches an einen gewünschten, zu untersuchenden Punkt verstellt. Der zu untersuchende Punkt wird an die durch den Rasterelektronenstrahl beleuchtete Position verstellt, wodurch ein REM-Bild erzeugt wird. Die Bedienperson betrachtet das erzeugte REM-Bild auf Grundlage ihres Wissens und ihrer Information, und sie trifft Entscheidungen hinsichtlich des Vorliegens von Musterdefekten sowie hinsichtlich einer Defektklassifizierung.

Beim vorstehend angegebenen Verfahren erfolgt die Defektklassifizierung auf Grundlage der Beobachtung durch die Bedienperson. Wenn das Objekt dagegen in ein Bild eines optischen Mikroskops statt in ein REM-Bild umgewandelt wird, wird eine automatische Klassifizierung ausgeführt. Dieses Verfahren einer automatischen Klassifizierung ist dergestalt, daß nach dem Entnehmen von Eigenschaften mit der Größe und der Form aus dem erhaltenen Defektbild eine Defekt-Klassifizierungseinrichtung eine automatische Klassifizierung auf Grundlage der Eigenschaften ausführt. Zu diesem Zweck befindet sich eine Klassifiziereinrichtung wie ein neurales Netzwerk in üblichem Gebrauch. Ein derartiges Verfahren ist von M. H. Bennett in "Automatic Defect Classification: Status and industry trends", S. 210-220, Proceedings of SPIE, Vol. 2439, 1995, offenbart.

Der Hauptzweck der Defektklassifizierung besteht darin,

das Vorliegen von Defekten genau zu ermitteln, die ausreichend schwerwiegend dafür sind, daß sie zu Ausfällen der Bauteile führen können (sogenannter "Killerdefekt"), damit diese aussortiert werden können. Durch Bestimmen dieser Killerdefekte ist es möglich, Defekte wirkungsvoll zu verringern, die die Herstellausbeute beeinflussen, um dadurch die Herstellausbeute durch einen kurzen Prozeß verbessern zu können.

Herkömmlicherweise erfolgt die Defektklassifizierung auf Grundlage einer Repräsentation durch geometrische Formen wie Kreise, Quadrate, Rechtecke und Dreiecke oder durch Beschreiben der Defektgrößen mit absoluten Maßangaben. Derartige Klassifizierungsarten sind jedoch nicht immer geeignet, um Killerdefekte von Nicht-Killerdefekten zu unterscheiden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Musteruntersuchung zu schaffen, die zum genauen und schnellen Bestimmen des Vorhandenseins von Killerdefekten sowie zum Klassifizieren von Defekten geeignet sind.

Diese Aufgabe ist hinsichtlich des Verfahrens durch die Lehre von Anspruch 1 und hinsichtlich der Vorrichtung durch die Lehre von Anspruch 10 gelöst. Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Musteruntersuchung erzeugt ein Bild einer Probe und untersucht das auf der Probe ausgebildete Muster, wobei sie sich durch einen solchen Aufbau auszeichnet, daß sie in einen Speicher eine dem Probenbild entsprechende Referenzbild einspeichert, das Referenzbild aus dem Speicher ausliest, diese beiden Bilder miteinander vergleicht, um Abschnitte zu erkennen, in denen die beiden Bilder voneinander verschieden sind, und sie Killerdefekten von anderen Defekten auf Grundlage der erkannten Abschnitte unterscheidet.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand von durch Figuren veranschaulichten Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Fig. 1 ist eine Zeichnung zum allgemeinen Aufbau eines REM mit visueller Untersuchung als Ausführungsbeispiele einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Musteruntersuchung;

Fig. 2A bis 2D sind Zeichnungen zum Erläutern der Klassifizierung von Defekten gemäß der Erfindung;

Fig. 3 ist ein Flußdiagramm zum Erläutern eines Untersuchungsablaufs gemäß der Erfindung;

Fig. 4 ist ein Flußdiagramm zum Erläutern eines Ablaufs zur Typklassifizierung gemäß der Erfindung;

Fig. 5 ist ein Flußdiagramm zum Erläutern eines Ablaufs zur Größenklassifizierung gemäß der Erfindung;

Fig. 6A und 6B sind Zeichnungen zum Erläutern der Anzeige spezieller zu untersuchender Punkte sowie des Ergebnisses einer Defektklassifizierung gemäß der Erfindung;

Fig. 7 ist eine Tabelle zum Erläutern der Berechnung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Defekts gemäß der Erfindung;

Fig. 8 ist eine Zeichnung zum Erläutern der Korrelation zwischen dem Grad kritischen Verhaltens und der Größe eines Ausbuchtungsdefekts gemäß der Erfindung; und

Fig. 9 ist eine Zeichnung zum Erläutern der Anzeige des Ausfallgrads, wie gemäß der Erfindung berechnet.

Wenn gemäß den in Fig. 2A dargestellten Beispielen Ausbuchtungsdefekte in einem Leiterbahnmuster betrachtet werden, wurde aus der Erfahrung bestimmt, daß der Grad kritischen Verhaltens (d. h. die Wahrscheinlichkeit, daß ein Defekt zu einem Killerdefekt wird, d. h. einem Defekt, der sicher zum Ausfall eines Chips oder eines Wafers führt) von Defekten eine geringere Korrelation zu den geometrischen Formen und der absoluten Größe der Defekte zeigt, wie durch die Defekte a, b und c veranschaulicht, als dies für die

Korrelation zur relativen Größe zwischen den Defekten und der Musterfläche gilt, wie durch die Defekte d und e veranschaulicht. Anders gesagt, sind die Wahrscheinlichkeiten, daß die Defekte a, b und c zu Killerdefekten werden, praktisch dieselben, und sie hängen nicht von der geometrischen Form ab. Andererseits ist die Wahrscheinlichkeit, daß der Defekt e zu einem Killerdefekt wird, höher als die Wahrscheinlichkeit, daß der Defekt d zu einem Killerdefekt wird, obwohl d größer als e ist.

Ferner wird, wie es in Fig. 2B dargestellt ist, ein Kurzschluß oder eine Leitungsunterbrechung in einer Leiterbahn sicher ein Killerdefekt, und zwar unabhängig von der Form oder der Größe des fehlerhaften Abschnitts. Indessen können Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln als andere Defekte genannt werden, die Kurzschlüssen und Leitungsunterbrechungen ähnlich sind. Andererseits ist es selten, daß Defekte wie Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln unmittelbar zu einem Ausfall führen. Jedoch ist es möglich, daß derartige Defekte später bei der Bearbeitung zu einem Ausfall führen, so daß sich eine Beeinträchtigung der Eigenschaften eines Bauteils oder eine Verringerung der Zuverlässigkeit in den folgenden Schritten ergibt.

Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Defekt wie eine Ausbauchung, ein Hohlraum, ein feines Loch oder eine Insel zu einem Ausfall führt, hängt von der Mustergröße des Abschnitts ab, in dem der Defekt vorhanden ist, sowie vom Abstand zu einem benachbarten Muster. Selbst bei ähnlichen Defekten ist es umso wahrscheinlicher, daß ein Defekt zu einem Killerdefekt wird, je größer die Mustergröße des Abschnitts, in dem der Defekt vorliegt, ist, oder je größer der Abstand zum benachbarten Muster ist. Zum Beispiel ist in Fig. 2C die Wahrscheinlichkeit, daß das feine Loch b ein Killerdefekt wird, größer als die Wahrscheinlichkeit, daß das gleich große feine Loch a ein Killerdefekt wird, da das feine Loch b in einem schmalen Muster vorhanden ist. Auf ähnliche Weise sind in Fig. 2D die Wahrscheinlichkeiten, daß die dort dargestellten Inseln zu Killerdefekten werden, für den Defekt b am größten und für den Defekt c am niedrigsten (wobei der Defekt a dazwischenliegt). Übrigens betrifft der hier verwendete Begriff "Insel" einen Typ eines Defekts, wie er in Fig. 2D dargestellt ist, bei dem ein isoliertes Stück des Materials des Musters oder mehrere voneinander beabstandet, jedoch benachbart zu einem Abschnitt des Musters, ausgebildet sind.

Bei auf die Erfahrung gestützten Untersuchungen, wie oben beschrieben, umfaßt das Untersuchungsverfahren den Schritt des Klassifizierens der Defekte zumindest in die folgenden: Kurzschlüsse, Leitungsunterbrechungen, Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln. Auch wird hinsichtlich der Defekte Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln ein weiterer Schritt ausgeführt, um diese Defekte größenmäßig unterzuklassifizieren, wobei die Musterbreite oder die Fläche als Einheit verwendet wird. Die Untersuchungsvorrichtung ist mit einer Funktion zum Vergleichen eines Untersuchungsbilds mit einem zuvor aufgezeichneten Referenzbild für die Untersuchung versehen, um einen Abschnitt, in dem die beiden Bilder voneinander verschieden sind, als Defekt zu erkennen, und es weist eine Funktion zum Klassifizieren der Defekte in mindestens die folgenden Defektypen auf: Kurzschlüsse, Leitungsunterbrechungen, Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln, und es verfügt hinsichtlich der Defekte Vorsprünge, Hohlräume, feine Löcher und Inseln über eine Funktion zum Unterklassifizieren derselben größenmäßig, wobei die Musterbreite oder die Fläche als Einheit verwendet wird.

Mittels der vorstehend beschriebenen Konzeption kann das Vorhandensein von Killerdefekten genauer und schnell-

ler erkannt werden und die Defekte können klassifiziert werden.

Fig. 1 zeigt die Grundkonfiguration eines REM für visuelle Untersuchung als Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Musteruntersuchung. Ein von einer Elektronenkanone 1 emittierter Elektronenstrahl wird durch eine Fokussierlinse 3 und eine Objektivlinse 4 eingengt und auf die Oberfläche eines als Probe dienenden Wafers 5 fokussiert. Gleichzeitig wird die Bahn des Elektronenstrahls 2 durch eine Ablenkeinrichtung 6 abgelenkt, wodurch die Oberfläche des Wafers zweidimensional abgerastert werden kann.

Indessen werden vom durch den Elektronenstrahl 2 bestrahlten Abschnitt des Wafers Sekundärelektronen 7 emittiert, die durch einen Sekundärelektronen-Detektor 8 erfaßt werden und in ein elektrisches Signal umgewandelt werden) das dann Prozessen wie einer Verstärkung unterzogen wird. Das elektrische Signal, das diese Prozesse durchlaufen hat, wird zur Helligkeitsmodulation einer Anzeigeeinrichtung 9 verwendet. Da die Anzeigeeinrichtung 9 synchron mit dem Abrastern der Waferfläche durch den Elektronenstrahl 2 abgerastert wird, wird auf ihr ein Bild der Probe (REM-Bild) erzeugt.

In Fig. 3 ist ein Beispiel für einen Untersuchungsablauf gemäß der Erfindung dargestellt. In einem Schritt (1) wird ein zu untersuchender Wafer 5 einer Waferkassette 10 entnommen. In einem Schritt (2) wird der Wafer einem Vorausrichtungsprozeß unterzogen und gleichzeitig wird eine auf dem Wafer erzeugte Wafersnummer durch einen nicht dargestellten Wafersnummerleser gelesen. Die Wafersnummer ist jedem Wafer eindeutig zugeordnet. Unter Verwendung der gelesenen Wafersnummer als Schlüssel wird eine dem Wafer entsprechende zuvor aufgezeichnete Anleitung ausgelesen, wie durch einen Schritt (3) veranschaulicht. Die "Anleitung" sorgt für den Untersuchungsablauf am Wafer und für die Untersuchungsbedingungen.

Die auf die obigen folgenden Schritte werden automatisch oder halbautomatisch abhängig von der ausgelesenen Anleitung ausgeführt. Nachdem die Wafersnummer gelesen wurde, wird der Wafer 5 zu einem XY-Tisch 12 innerhalb einer unter Vakuum gehaltenen Probenkammer 11 transportiert und auf diesem montiert, wie es durch einen Schritt (4) veranschaulicht ist. Dann wird der auf dem XY-Tisch 12 montierte Wafer 5 durch ein an der Oberseite der Probenkammer 11 montiertes optisches Mikroskop 13 einem Ausrichtungsprozeß unterzogen, wie es durch einen Schritt (5) veranschaulicht ist. Der Ausrichtungsprozeß wird dadurch ausgeführt, daß ein Bild von einem optischen Mikroskop (das mehrhundertfach vergrößert ist) für das auf dem Wafer 5 erzeugte Ausrichtungsmuster mit einem entsprechend der Anleitung vorab aufgezeichneten Referenzmuster zu Ausrichtungszwecken verglichen wird und die Positionskoordinaten des Tisch so eingestellt werden, daß sich das erstere Bild mit dem letzteren, also dem Referenzbild, deckt. Nachdem die Ausrichtung ausgeführt wurde, wird eine dem Wafer entsprechende Waferkarte (Karte der zu untersuchenden Punkte) ausgelesen und auf der Anzeigeeinrichtung angezeigt, wie es durch einen Schritt (6) veranschaulicht ist. Die Waferkarte zeigt die Punkte, die auf dem Wafer untersucht werden müssen sowie ihre Werdegänge.

Nachdem die Waferkarte angezeigt wurde, spezifiziert die Bedienperson den Punkt oder die Punkte, die einem Abschnitt oder mehreren, wie sie zu untersuchen sind, unter den angezeigten Punkten der Waferkarte entsprechen, wie es durch einen Schritt (7) veranschaulicht ist. Wenn der zu untersuchende Punkt spezifiziert wurde, wird der Wafer 5 durch Verstellen des Tisches so verstellt, daß der spezifizierte, zu untersuchende Punkt genau unter den Elektronen-

strahl gebracht wird, wie es durch einen Schritt (8) veranschaulicht ist. Nachdem der Wafer verstellt wurde, wird der spezifizierte, zu untersuchende Punkt durch den Rasterelektronenstrahl bestrahlt, wodurch ein relativ wenig verstärktes REM-Bild (Bild zur Positionierung) erzeugt wird. Das so erzeugte REM-Bild mit niedriger Verstärkung wird, wie dies auch beim Ausrichtungsprozeß erfolgte, mit einem zuvor aufgezeichneten REM-Referenzbild (Referenzbild zur Positionierung) verglichen, das dem spezifizierten, zu untersuchenden Punkt entspricht, und eine genaue Positionierung des zu untersuchenden Punkts wird so ausgeführt, daß sich das erstere Bild genau mit dem letzteren, dem REM-Referenzbild, deckt, wie es durch einen Schritt (9) veranschaulicht ist. Die Positionierung wird z. B. dadurch ausgeführt, daß der durch den Elektronenstrahl abgerasterte Bereich fein eingestellt wird.

Beim auf die oben beschriebene Weise positionierten Wafer liegt nun der zu untersuchende Bereich praktisch in der Mitte des Schirms, d. h. genau unter dem Elektronenstrahl. In diesem Zustand wird in einem Schritt (10) ein stark vergrößertes REM-Bild zur Untersuchung (Untersuchungsbild) des zu untersuchenden Bereichs erzeugt. Das REM-Untersuchungsbild wird mit einem REM-Referenzbild (Referenzbild zur Untersuchung), das dem zu untersuchenden Bereich entspricht und entsprechend der Anleitung aufgezeichnet wurde, verglichen, und in einem Schritt (11) wird ein Abschnitt erkannt, in dem die beiden Bilder voneinander verschieden sind. Der Unterschiedsabschnitt wird als Musterdefekt angesehen. Die Musterdefekte werden in einem Schritt (12) in mindestens die folgenden Defektypen klassifiziert: Kurzschlüsse, Leitungsunterbrechungen, Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln.

Als nächstes werden die Defekte, Vorsprünge und Inseln größtmäßig dadurch klassifiziert, daß der Abstand zum benachbarten Muster unter Verwendung der minimalen Fläche als Einheit ausgedrückt wird und auch die Seite-zu-Seitenlänge (Länge des Schattens des Defekts, wie auf das Muster geworfen) unter Verwendung der minimalen Musterbreite als Einheit ausgedrückt wird. Andererseits werden die Defekte feine Löcher und Hohlräume größtmäßig klassifiziert, wobei die Breite des Musters, in dem der Defekt vorhanden ist, als Einheit in Querrichtung verwendet wird, und die minimale Musterbreite als Einheit in Längsrichtung verwendet wird, wie dies durch einen Schritt (13) veranschaulicht ist. Hierbei sind die minimale Musterbreite und die minimale Fläche Werte entsprechend den Musterdesignregeln des zu untersuchenden Bauteils, wie vor der Untersuchung aufgezeichnet.

Die Typklassifizierung der Defekte gemäß dem Schritt (12) wird entsprechend dem folgenden Ablauf ausgeführt, der durch die Schritte (124) und (125) in Fig. 4 veranschaulicht ist. Wenn ein zuvor erstelltes REM-Referenzbild aufgezeichnet wird, spezifiziert die Bedienperson Linie/Loch, Muster/Untergrund, minimale Musterbreite/Fläche sowie Vergrößerungsinformation für eine Musterschicht des REM-Referenzbilds. Nachdem ein REM-Untersuchungsbild erzeugt wurde, wird es mit dem REM-Referenzbild verglichen, und wenn ein Unterschiedsabschnitt, also ein Defekt erkannt wird, wird auf Grundlage des Defekts auf einem Anzeigeschirm ermittelt, ob sich der Defekt im Muster oder im Untergrund befindet, wie es durch einen Schritt (121) in Fig. 4 veranschaulicht ist. Wenn sich der Defekt im Untergrund befindet, wird in einem nächsten Schritt (122) der Abstand zwischen dem Defekt und einer Musterkante berechnet oder gemessen. Die Messung im Schritt (122) wird gemäß einer der folgenden zwei Vorgehensweisen 1) oder 2) ausgeführt:

- 1) Das REM-Referenzbild und ein Subtraktionsbild, wie es durch den obigen Vergleichsschritt erhalten wurde, werden überlappt und auf dem Anzeigeschirm angezeigt, und dann wird das Subtraktionsbild so zur Musterkante verschoben, daß es in Kontakt mit dieser tritt, und dabei wird der Abstand zwischen dem Defekt und der Musterkante auf Grundlage des Verstellwegs erhalten; oder
- 2) das REM-Referenzbild und ein durch den obigen Vergleichsschritt erhaltenes Subtraktionsbild werden überlappt und mit vorbestimmtem Maßstab auf dem Anzeigeschirm angezeigt und dann wird der Abstand zwischen dem Defekt und der Musterkante unter Verwendung des Maßstabs abgelesen. Dieser Prozeß, bei dem der Abstand ausgelesen wird, wird durch die Bedienperson oder einen Computer ausgeführt.

Entsprechend der obigen ersten Vorgehensweise (1) wird ein Verfahren zum Herstellen von Musterübereinstimmung ausgeführt. Der bei der obigen zweiten Vorgehensweise (2) verwendete Maßstab kann aus einer Anzahl konzentrischer Kreise bestehen, wobei eine Defektkante das Zentrum der Kreise bildet oder es kann eine Gitterlinie sein, anstelle eines in Form einer geraden Linie vorliegenden Maßstabs. Wie es in einem Schritt (122) dargestellt ist, wird ein Musterdefekt als Insel klassifiziert, wenn der Abstand zwischen dem Defekt und der Musterkante nicht '0' ist und der Defekt nicht mit der Musterkante in Kontakt steht.

Wenn dagegen der Abstand zwischen einem Defekt und der Musterkante '0' ist und der Defekt in Kontakt mit der Musterkante steht, wenn er nach vorne und hinten oder rechts und links verschoben wird, wird in einem nächsten Schritt (123) der Kontaktabschnitt untersucht, in dem der Defekt in Kontakt mit der Musterkante steht. Wenn vorne und hinten oder rechts und links nur ein Kontaktabschnitt existiert, wird der Musterdefekt als Ausbauchung klassifiziert. Wenn vorne und hinten oder rechts und links zwei Kontaktabschnitte existieren, wird der Musterdefekt als Kurzschluß klassifiziert.

Wenn im Schritt (121) ermittelt wird, daß sich im Muster Defekte befinden, werden diese Defekte durch den Ablauf, wie er durch die Schritte (124) und (125) veranschaulicht ist, als feines Loch, Hohlraum oder Leitungsunterbrechung klassifiziert. Anders gesagt, verwendet der Schritt (124) dieselben Vorgehensweisen (1) und (2), wie sie im Schritt (122) ausgeführt werden, um zu bestimmen, ob ein Defekt ein feines Loch ist, und falls dies nicht der Fall ist, wird der Schritt (125) auf ähnliche Weise wie der Schritt (123) ausgeführt, um zu bestimmen, ob der Defekt ein Hohlraum oder eine Leitungsunterbrechung ist.

Nach den oben beschriebenen Schritten zur Typklassifizierung werden die Defekte, Ausbauchungen, Inseln, feine Löcher und Hohlräume größtmäßig mittels der minimalen Musterbreite und der minimalen Musterfläche, die als Einheit dienen, größtmäßig klassifiziert, wie dies durch den Schritt (13) in Fig. 3 dargestellt ist. Die Größenklassifizierung gemäß dem Schritt (13) wird wie folgt gemäß dem durch Fig. 5 veranschaulichten Ablauf ausgeführt.

In einem ersten Schritt (131) wird das maximale Absolutmaß des Subtraktionsbilds (des Defekts) in jeder Richtung (X- und Y-Richtung) gemäß einem wohlbekannten Größenmeßablauf unter Verwendung eines Rasterelektronenmikroskops für kritische Abmessungen (CD-REM) erhalten. Hierbei wird gemäß dem wohlbekannten Größenmeßablauf eines CD-REM ein Kantenmuster auf Grundlage eines Linienschnitts des Defektbilds erfaßt, und die Mustergröße wird auf Grundlage des Abstands zwischen den Musterkanten erhalten. Das im obigen Schritt (131) erhaltene Absolutmaß

wird mit Werten entsprechend den Musterdesignregeln des Bauteils normiert, wie mit der minimalen Musterbreite/Fläche, wie dann spezifiziert, wenn das REM-Referenzbild vorab aufgezeichnet wird, wie durch einen Schritt (132) veranschaulicht.

Die zum Klassifizieren der Typen und Größen von Defekten verwendete Einrichtung weist z. B. eine Hardwarekonfiguration auf, wie sie im Abschnitt A von Fig. 1 dargestellt ist. Anders gesagt, führen die im Abschnitt A dargestellten Elemente die oben beschriebenen Schritte (12) und (13) von Fig. 3 aus (die detailliert in den Fig. 4 und 5 veranschaulicht sind). Durch einen A/D-Wandler 21 wird ein Bildsignal in ein digitales Signal umgesetzt. Das Signal wird dann durch den Prozessor 22 einer Bildverarbeitung wie einer Störsignal-Beseitigung unterzogen und in einen Bildspeicher 23 eingespeichert. Das in diesem eingespeicherte Bild wird durch den Prozessor 22 auf die Anzeigeeinrichtung ausgelesen und gleichzeitig der Defektklassifizierung unterzogen. Um die Defektklassifizierung zu erzielen, sind im Prozessor 22 Softwarefunktionen wie die folgenden enthalten: Entnahme von Bildinformation zum Erfassen der Musterkontur, Erfassen des Abschnitts, in dem das erfaßte Bild und das Referenzbild voneinander verschieden sind, Bestimmen von Kontinuität zwischen dem Unterschiedsabschnitt und der Kontur sowie Berechnen der Größe des Unterschiedsabschnitts. Das Referenzbild ist im Speicher innerhalb des Prozessors abgespeichert.

Nachdem die Bestimmung des Vorliegens eines Defekts am spezifizierten, zu untersuchenden Punkt und die Defektklassifizierung abgeschlossen sind, wird das Klassifizierungsergebnis am spezifizierten, zu untersuchenden Punkt auf der Waferkarte eingetragen und auch in eine Untersuchungs-Datenbank eingespeichert. Auf diese Weise wird die Untersuchung für einen Punkt abgeschlossen.

Wenn noch andere zu untersuchende Punkte vorhanden sind, wird der als nächste zu untersuchende Punkt auf der Waferkarte spezifiziert und es werden die auf die Spezifizierung des zu untersuchenden Punkts folgenden Ablaufs Schritte von Fig. 3 wiederholt für jeden zu untersuchenden Punkt ausgeführt. Wenn die Untersuchung des Wafers ganz abgeschlossen ist, werden die Dichte aller Defekte/der typmäßig klassifizierten Defekte/der größtmäßig klassifizierten Defekte sowie die Erzeugnisausbeute für jeden Chip und jeden Wafer in einem Schritt (14) berechnet. Die Berechnung der Erzeugnisausbeute wird unter Verwendung zuvor aufgezeichneter Tabellen für den Grad kritischen Verhaltens über den Defektgrößen für jeden Defekttyp ausgeführt. Die Tabellen betreffend den Grad des kritischen Verhaltens über den Defektgrößen sind dergestalt, daß sie die Defekte, Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln, die größtmäßig klassifiziert sind, mit den jeweiligen Graden kritischen Verhaltens in Korrelation setzen. Die Ergebnisse einer derartigen Berechnung werden, zusammen mit den Untersuchungsergebnissen, in die Untersuchungs-Datenbank eingespeichert, wie durch den Schritt (14) veranschaulicht und die Daten werden nach Bedarf aus dieser ausgegeben und verwendet, wie durch einen Schritt (15) veranschaulicht. Dies wird nachfolgend detaillierter erörtert.

Wenn in der Waferkassette noch zu untersuchende Wafer vorhanden sind, wird der als nächster zu untersuchende Wafer der Waferkassette entnommen und gemäß dem in Fig. 3 dargestellten Ablauf untersucht. Die Dichte und die Ausbeute mehrerer Wafer werden ebenfalls entsprechend dem oben beschriebenen Fall eines Wafers berechnet.

Fig. 6A zeigt die spezifizierten, zu untersuchenden Punkte auf der Waferkarte und Fig. 6B zeigt das Ergebnis der Defektklassifizierung (wie z. B. durch die Fig. 4 und 5 veranschaulicht), wie an den spezifizierten, zu untersuchen-

den Punkten auf der Waferkarte eingetragen. Hierbei wird die Größe von Defekten wie einer Ausbauchung oder eines Hohlraums mit der minimalen Musterbreite und der minimalen Musterfläche normiert. Die Größe der Defekte wird in drei Kategorien klassifiziert, wie weniger als ein Drittel ($1/3$), von einem Drittel ($1/3$) bis zu zwei Dritteln ($2/3$) sowie mehr als zwei Drittel ($2/3$) der Fläche. Beim in Fig. 6B dargestellten Beispiel sind bereits zwei Chips, nämlich AII (Zeile A, Spalte II) und AIII (Zeile A, Spalte III) bereits klassifiziert, während andere Chips noch nicht klassifiziert sind.

Das Ergebnis der Defektklassifizierung kann durch die in Fig. 7 dargestellte Klassifizierungstabelle statt durch die Waferkarte beschrieben werden. Die jeweiligen Defektdichten (d. h. die Anzahl von erkannten Defekten bezogen auf die Anzahl untersuchter Punkte) werden für jeden Wafer und/oder jeden Chip auf Grundlage der Datenmenge erhalten. Fig. 7 zeigt ein Beispiel zur Berechnung der Defektdichte innerhalb eines Chips und der Dichte jedes Defekttyps innerhalb eines Wafers. Auch wird das Berechnungsergebnis für jede Defektgröße erhalten. Wenn die Untersuchung für einen gesamten Wafer statt für spezifizierte, zu untersuchende Punkte ausgeführt wird, kann die Defektdichte für jeden Chip oder Wafer auf Grundlage der Datenmenge und der Größe des Wafers/Chips erhalten werden.

Als nächstes wird eine Entsprechung für die klassifizierten Defekte hinsichtlich des Grads kritischen Verhaltens (Wahrscheinlichkeit, daß der Defekt ein Killerdefekt ist oder ein solcher wird) wie durch die Leistungsfähigkeit des Herstellverfahrens erhalten, bestimmt. Zum Beispiel ist in Fig. 8 die Beziehung zwischen dem Grad kritischen Verhaltens und der Größe von Ausbauchungsdefekten dargestellt. Der jeweilige Grad kritischen Verhaltens ist mit jedem typmäßig klassifizierten Defekt so korreliert, daß eine Größe eines Ausbauchungsdefekts von weniger als $1/3$ des Zwischenraums einem Grad kritischen Verhaltens von 3% entspricht (d. h., daß die Wahrscheinlichkeit 3% beträgt, daß der Defekt ein Killerdefekt wird), eine Größe eines Ausbauchungsdefekts von $1/3$ bis $2/3$ des Zwischenraums einem Grad kritischen Verhaltens von 40% entspricht und eine Größe eines Ausbauchungsdefekts von mehr als $2/3$ des Zwischenraums einem Grad kritischen Verhaltens von 70% entspricht. Diese jeweiligen Grade kritischen Verhaltens werden beim Berechnen der Wahrscheinlichkeit, daß ein Wafer oder ein Chip ausfällt, verwendet (Kehrwert der Herstellungsausbeute). Zum Beispiel wird die Wahrscheinlichkeit für einen Chipausfall so berechnet, daß der jeweilige Grad kritischen Verhaltens für jeden Defekt, der innerhalb des Chips vorhanden ist, mit einem Gewichtungskoeffizient multipliziert wird, der auf Grundlage des relativen Grads kritischen Verhaltens für jeden Defekt zugeordnet wird, und die Ergebnisse dieser Multiplikation aufsummiert werden:

(Wahrscheinlichkeit, daß ein Chip ausfällt) = S (Gewichtungskoeffizient für den Defekt) \times (jeweiliger Grad kritischen Verhaltens für den Defekt).

Der Gewichtungskoeffizient des maximalen jeweiligen Grad kritischen Verhaltens eines Defekts innerhalb eines Chips beträgt '1', z. B. für sichere Killerdefekte wie eine Leitungsunterbrechung oder einen Kurzschluß, während andere Gewichtungskoeffizienten zwischen '0' und '1' liegen. Die berechnete Ausfallswahrscheinlichkeit ist auf der in Fig. 9 dargestellten Waferkarte eingetragen. Die Wahrscheinlichkeit eines Waferausfalls wird dadurch erhalten, daß alle Wahrscheinlichkeiten von Chipausfällen innerhalb des Wafers aufsummiert werden.

Vorstehend wurde ein Verfahren beschrieben, bei dem die

Bestimmung des Vorhandenseins eines Defekts sowie die Defektklassifizierung durch die Bedienperson gestartet werden, die einen zu untersuchenden Punkt auf der Karte spezifiziert. Statt dessen kann ein automatisches Verfahren verwendet werden, bei dem eine mechanische Annäherung an zu untersuchende Punkte abhängig von einer in der Anleitung gegebenen Spezifizierung erfolgt und die Bestimmung des Vorhandenseins von Defekten und die Klassifizierung der Defekte mechanisch ausgeführt werden.

Vorstehend wurde ein Verfahren beschrieben, bei dem nur vorbestimmte, zu untersuchende Punkte untersucht werden, während der Tisch schrittweise und wiederholt verstellt wird. Statt dessen ist es möglich, den Tisch kontinuierlich zu verstellen, so daß die gesamte Oberfläche des Wafers oder ein Bereich desselben untersucht werden kann.

Wenn eine Untersuchung der gesamten Oberfläche eines Wafers erfolgt, ist es nicht notwendigerweise erforderlich, daß ein Referenzbild vor dem Untersuchungsvorgang aufgezeichnet wird. Es ist auch möglich, im Verlauf eines Untersuchungsvorgangs ein Bild für einen entsprechenden Abschnitt aus einem benachbarten Chip oder einer Zelle zu lesen und derartige Bilder fortlaufend als zu verwendende Referenzbilder aufzuzeichnen.

Die Möglichkeit, im Verlauf des Untersuchungsvorgangs Referenzbilder zusätzlich oder erneut aufzuzeichnen, ist auch dann verwendbar, wenn sich die Helligkeit oder der Kontrast eines zuvor aufgezeichneten Referenzbilds stark von den Werten für das untersuchte Bild unterscheidet, weswegen es aus diesem Grund erwünscht ist, das Referenzbild zu ändern.

Um für den Fall, daß die Helligkeit oder der Kontrast eines zuvor aufgezeichneten Referenzbilds stark verschieden vom entsprechenden Wert für ein untersuchtes Bild ist, Vorsorge zu treffen, ist es praxisgerecht, die Vorrichtung so zu konzipieren, daß Bildparameter wie die Helligkeit, die Sättigung und der Kontrast des zu untersuchenden Bilds und des Referenzbilds gesondert für das zu untersuchende Bild und das Referenzbilds geändert werden können.

Abhängig von der Probe kann das Bild schlechte Qualität zeigen. Selbst wenn Unterschiedsabschnitte als Defekte erkannt werden, ist es manchmal unmöglich, sie automatisch zu klassifizieren. In einem solchen Fall ist es bevorzugt, daß eine Funktion vorhanden ist, die automatisch einen Alarm ausgibt, der Unterstützung durch die Bedienperson anfordert, damit diese die Situation korrigieren kann.

Wenn ein Strahl geladener Teilchen wie ein Elektronen- oder ein Ionenstrahl verwendet wird, benötigt es manchmal viel Zeit, eine Probe aufzuladen. Das Positionierungsbild oder das Untersuchungsbild wird erst dann verwendet, nachdem die Bestrahlung durch einen solchen Strahl geladener Teilchen für eine vorbestimmte Zeitspanne ausgeführt wurde.

Es ist auch gleichzeitig Anzeige des REM-Untersuchungsbilds und des REM-Referenzbilds möglich. Demgemäß kann die Geeignetheit der Klassifizierungsergebnisse leicht klargestellt werden.

Vorstehend wurde ein Verfahren beschrieben, bei dem ein Positionierungsprozeß unter Verwendung eines stark vergrößerten Bilds ausgeführt wird, nachdem ein Ausrichtungsprozeß unter Verwendung eines wenig verstärkten Bilds ausgeführt wurde. Jedoch kann die Vorrichtung mit einer Funktion zum direkten Positionieren eines spezifizierten, zu untersuchenden Punkts versehen sein, also ohne daß zuvor ein Ausrichtungsprozeß erfolgt und zwar durch eine Suche in der Nähe des zu untersuchenden Punkts, bis dieser gefunden ist.

Gemäß dem Vorstehenden wird ein XY-Tisch verwendet. Anstelle eines solchen kann ein XYT-Tisch (wobei T eine

Neigungsmöglichkeit repräsentiert) verwendet werden, und in einem solchen Fall kann die Form einer Probe in geneigtem Zustand untersucht werden.

Vorstehend wurden nur die Funktionen des Bestimmens des Vorliegens von Defekten im Untersuchungsbild sowie des Klassifizierens der Defekte beschrieben. Wenn die Vorrichtung jedoch mit einer Analysierfunktion wie bei einem Analysator für charakteristische Röntgenstrahlung oder einem Analysator für Augerelektronen versehen ist, können auch Analysedaten zur Zusammensetzung des fehlerhaften Abschnitts erhalten werden.

Gemäß dem Vorstehenden wird ein Elektronenstrahl als Sonde zur Bilderzeugung verwendet. Statt dessen kann als Sonde ein Ionenstrahl, ein optischer Strahl oder eine mechanische Sonde verwendet werden.

Vorstehend wurde der Fall beschrieben, daß ein einzelner Bildpunkt mittels einer einzelnen Sonde erzeugt wird. Es kann auch ein System verwendet werden, bei dem Bilder durch mehrere Sonden oder mit mehreren Bildpunkten erzeugt werden.

Gemäß dem Vorstehenden wird ein durch Abrastern erhaltenes Bild verwendet. Es ist auch möglich, als Objekt ein Bild zu verwenden, das durch ein optisches Bilderzeugungssystem erzeugt wurde.

Vorstehend wurde der Fall der Untersuchung eines Halbleiterwafers beschrieben. Das Untersuchungsobjekt kann ein Wafer für eine Bildaufnahmeverrichtung, eine Anzeigevorrichtung oder ein Halbleiterwafer sein, wie er bei anderen Bauteilearten verwendet wird. Alternativ kann das Untersuchungsobjekt eine andere Probenform als die eines Wafers aufweisen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Musteruntersuchung, bei dem das Bild einer Probe erzeugt wird und ein auf der Probe hergestelltes Muster untersucht wird, **gekennzeichnet durch** die folgenden Schritte:

- Einspeichern eines Referenzbilds, das einem Bild der Probe entspricht, in einen Speicher;
- Vergleichen des aus dem Speicher ausgelesenen Referenzbilds mit dem Bild der Probe;
- Erkennen von Unterschiedsabschnitten zwischen dem Referenzbild und dem Probenbild als Defekte; und
- Bestimmen der Wahrscheinlichkeit, daß die Probe in ihrer fertiggestellten Form einen Killerdefekt aufweist, auf Grundlage der erkannten Unterschiedsabschnitte.

2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch den Schritt des Klassifizierens der Unterschiedsabschnitte zumindest in die folgenden Defekte: Kurzschlüsse, Leitungsunterbrechungen, Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die Defekte Vorsprünge, Hohlräume, feine Löcher und Inseln größtmäßig klassifiziert werden, wobei die Musterbreite und der Zwischenraum zwischen dem untersuchten Muster und einem benachbarten Muster als Einheiten verwendet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Defekte Ausbauchungen und Inseln größtmäßig mittels der Abstände zum benachbarten Muster, wie mit einem minimalen Zwischenraum als Einheit gemessen, sowie mittels des Abstands zwischen entgegengesetzten Seiten, wie mit einer minimalen Musterbreite als Einheit gemessen, klassifiziert wer-

den, und die Defekte feine Löcher und Hohlräume größtmäßig dadurch klassifiziert werden, daß die Breite des untersuchten Musters, in dem der Defekt vorhanden ist, als Einheit in Querrichtung verwendet wird und die minimale Musterbreite als Einheit in Längsrichtung verwendet wird. 5

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß

- die Unterschiedsabschnitte in mehrere Defekttypen klassifiziert werden, wobei zumindest die Abstände zu einem benachbarten Muster gemessen werden, wobei der minimale Zwischenraum als Einheit verwendet wird; 10
- die Wahrscheinlichkeit, daß ein Defekt ein Killerdefekt für die Probe wird, auf Grundlage der typmäßig klassifizierten Defekte bestimmt wird; und 15
- das Bestimmungsergebnis auf einem Anzeigeschirm angezeigt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Wahrscheinlichkeit mittels einer vorbestimmten Tabelle für die Korrelation zwischen der Wahrscheinlichkeit, daß ein Defekt ein Killerdefekt wird, und einem normierten Defekt für jeden spezifizierten Punkt innerhalb eines auf der Probe ausgebildeten Chips berechnet wird. 20 25

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterschiedsabschnitt und das Referenzbild überlappt und auf dem Anzeigeschirm angezeigt werden und der Unterschiedsabschnitt so zu einer Kante des benachbarten Musters verschoben wird, daß er in Kontakt mit dieser tritt, wobei der Abstand zwischen dem Unterschiedsabschnitt und dem benachbarten Muster auf Grundlage des Verstellwegs gemessen wird. 30 35

8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Unterschiedsabschnitt und das Referenzbild überlappt und mit einem vorbestimmten Maßstab auf dem Anzeigeschirm angezeigt werden, wobei der Abstand zwischen dem Unterschiedsabschnitt und dem benachbarten Muster unter Verwendung des Maßstabs gemessen wird. 40

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Maßstab die Form einer geraden Linie, einer Anzahl konzentrischer Kreise, die eine Kante des Unterschiedsabschnitts als Mittelpunkt aufweisen, oder einer Gitterlinie aufweist. 45

10. Vorrichtung zur Musteruntersuchung, die ein Bild einer Probe erzeugt und ein auf der Probe ausgebildetes Muster untersucht, gekennzeichnet durch: 50

- einen Speicher (23) zum Einspeichern eines einem Bild der Probe entsprechenden Referenzbilds;
- eine Einrichtung (22) zum Vergleichen des aus dem Speicher ausgelesenen Referenzbilds mit dem Bild der Probe; 55
- eine Einrichtung (22) zum Bestimmen von Unterschiedsabschnitten zwischen dem Referenzbild und dem Probenbild als Defekte; und
- eine Einrichtung (22) zum Bestimmen der Wahrscheinlichkeit, daß die Probe in ihrer fertiggestellten Form einen Killerdefekt aufweist, auf Grundlage der erkannten Unterschiedsabschnitte. 60

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, gekennzeichnet durch eine Einrichtung zum Klassifizieren der Unterschiedsabschnitte zumindest in die folgenden Defekte: Kurzschlüsse, Leitungsunterbrechungen, Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln. 65

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest die Defekte Vorsprünge, Hohlräume, feine Löcher und Inseln größtmäßig klassifiziert werden, wobei die Musterbreite und der Zwischenraum zwischen dem untersuchten Muster und einem benachbarten Muster als Einheiten verwendet werden.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Defekte Ausbauchungen und Inseln größtmäßig mittels der Abstände zum benachbarten Muster, wie mit einem minimalen Zwischenraum als Einheit gemessen, sowie mittels des Abstands zwischen entgegengesetzten Seiten, wie mit einer minimalen Musterbreite als Einheit gemessen, klassifiziert werden, und die Defekte feine Löcher und Hohlräume größtmäßig dadurch klassifiziert werden, daß die Breite des untersuchten Musters, in dem der Defekt vorhanden ist, als Einheit in Querrichtung verwendet wird und die minimale Musterbreite als Einheit in Längsrichtung verwendet wird.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß

- eine Einrichtung (22) zum Klassifizieren der Unterschiedsabschnitte in mehrere Defekttypen mittels zumindest der Abstände zu einem benachbarten Muster, wie mit dem Minimalabstand als Einheit verwendet, gemessen, vorhanden ist;
- die Einrichtung (22) zum Bestimmen der Wahrscheinlichkeit, daß ein Defekt ein Killerdefekt der Probe wird, eine Einrichtung zum Bestimmen der Wahrscheinlichkeit auf Grundlage der typmäßig klassifizierten Defekte ist; und
- eine Anzeigeeinrichtung (9) zum Anzeigen der Ergebnisse der Bestimmung auf einem Anzeigeschirm vorhanden ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Wahrscheinlichkeit mittels einer vorbestimmten Tabelle für die Korrelation zwischen der Wahrscheinlichkeit, daß ein Defekt ein Killerdefekt wird, und einem normierten Defekt für jeden spezifizierten Punkt innerhalb eines auf der Probe ausgebildeten Chips berechnet wird.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß sie die Funktionen (14) bis (17) der unten genannten Funktionen (1) bis (25) zuzüglich mindestens einer Funktion des Rests der Funktionen aufweist:

- (1) die Probe wird einem Vorausrichtungsprozeß unterzogen;
- (2) es wird vorab eine Anleitung zum Ausführen einer Untersuchung der Probe aufgezeichnet;
- (3) es wird eine auf der Probe erzeugte Probennummer gelesen;
- (4) es wird die der Probe entsprechende Anleitung gemäß der gelesenen Probennummer gelesen;
- (5) es erfolgt eine Untersuchung auf Grundlage der ausgelesenen Anleitung;
- (6) es wird vorab ein Referenzbild zur Ausrichtung aufgezeichnet;
- (7) es wird das Referenzbild zur Ausrichtung erzeugt und die Probe durch Vergleich des Referenzbilds mit dem Bild des Ausrichtungsmusters der Probe ausgerichtet;
- (8) es wird vorab eine Karte zu untersuchender Punkte der Probe aufgezeichnet;
- (9) es wird die aufgezeichnete Karte zu untersuchender Punkte ausgelesen und angezeigt;

- (10) es wird die Probe entsprechend einer Bestimmung, die auf der Karte zu untersuchender Punkte erfolgte, oder gemäß einer in der Anleitung erfolgten Spezifizierung verstellt, um dadurch den spezifizierten, zu untersuchenden Punkt an einer gewünschten Stelle zu positionieren; 5
- (11) es wird vorab ein Referenzbild für den spezifizierten, zu untersuchenden Punkt aufgezeichnet;
- (12) es wird das Referenzbild des spezifizierten, zu untersuchenden Punkts erzeugt, und das Bild zum Positionieren des spezifizierten, zu untersuchenden Punkts und das Referenzbild zum Positionieren des zu untersuchenden Punkts werden verglichen, um dadurch die Positionierung des zu untersuchenden Punkts auszuführen; 10
- (13) es wird ein Bild zum Untersuchen des auf die obige Weise positionierten, zu untersuchenden Punkts erzeugt; 15
- (14) es wird das Referenzbild zur Untersuchung des auf die oben beschriebene Weise positionierten, zu untersuchenden Punkts eingespeichert; 20
- (15) es werden das Bild zur Untersuchung und das Referenzbild zur Untersuchung angezeigt;
- (16) es werden das Bild zur Untersuchung und das Referenzbild verglichen, und es wird ein Abschnitt bestimmt, in dem sie voneinander verschieden sind; 25
- (17) diejenigen Abschnitte, in denen das Bild zur Untersuchung und das Referenzbild verschieden sind, werden zumindest in die folgenden Defekte klassifiziert: Kurzschlüsse, Leitungsunterbrechungen, Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln; 30
- (18) zumindest die Defekte Ausbauchungen, Hohlräume, feine Löcher und Inseln werden größenmäßig klassifiziert; 35
- (19) der Unterschiedsabschnitt einer Probe wird mit einer Sonde bestrahlt, um den Abschnitt physikalisch zu analysieren;
- (20) die Klassifizierungsergebnisse für die Unterschiedsabschnitte der spezifizierten, zu untersuchenden Punkte werden in die Karte zu untersuchender Punkte eingetragen; 40
- (21) wenn die Probe ein Wafer ist, wird die Dichte der Defekte aller Typen, der typmäßig klassifizierten Defekte und der größenmäßig klassifizierte Defekte für jeden Chip, für jeden Wafer und für jeden von spezifizierten Wafers berechnet; 45
- (22) es wird vorab eine Tabelle zur Wahrscheinlichkeit, daß ein Defekt ein Killerdefekt wird, über Defektgrößen für jeden Defekttyp aufgezeichnet; 50
- (23) es wird die Ausbeute für jeden Chip, für jeden Wafer und für jeden von spezifizierten Wafers unter Verwendung der Tabelle der Wahrscheinlichkeit über den Defektgrößen für jeden Defekttyp berechnet; 55
- (24) es werden die Bestimmungsergebnisse für die Unterschiedsabschnitte an den spezifizierten, zu untersuchenden Punkte, die Klassifizierungsergebnisse für die Unterschiedsabschnitte, die Ergebnisse zur Berechnung der Dichte jedes Defekts sowie die Ausbeute aufgezeichnet; und 60
- (25) jeder Einzelwert der aufgezeichneten Untersuchungsergebnisse und der Berechnungsergebnisse wird ausgegeben. 65
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekenn-

zeichnet, daß Bildparameter einschließlich der Helligkeit, der Sättigung und des Kontrasts des Bilds zur Untersuchung und des Referenzbilds zur Untersuchung gesondert für diese Bilder geändert werden können.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß beim Klassifizieren der Unterschiedsabschnitte automatisch ein Alarm zur Anforderung einer Unterstützung durch die Bedienperson ausgegeben wird, wenn ein Unterschiedsabschnitt nicht in einen der Typen klassifiziert werden kann.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß im Verlauf eines Untersuchungsvorgangs ein Referenzbild zur Untersuchung aufgezeichnet werden kann.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Bild zur Untersuchung und das Referenzbild zur Untersuchung gleichzeitig oder in übereinstimmender Weise angezeigt werden können.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß dann, wenn ein Strahl geladener Teilchen als Sonde verwendet wird, ein Bild erzeugt wird, nachdem die Probe für eine vorbestimmte Zeitspanne durch die Sonde bestrahlt wurde.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß ein Prozessor (22) vorhanden ist, um die folgenden Vorgänge auszuführen: Vergleichen eines aus dem Speicher (23) ausgelesenen Referenzbilds mit dem Bild der Probe, Bestimmen von Unterschiedsabschnitten zwischen dem Referenzbild und dem Bild der Probe als Defekte und Bestimmen der Wahrscheinlichkeit, daß ein Defekt ein Killerdefekt der Probe wird, auf Grundlage der bestimmten Unterschiedsabschnitte.

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

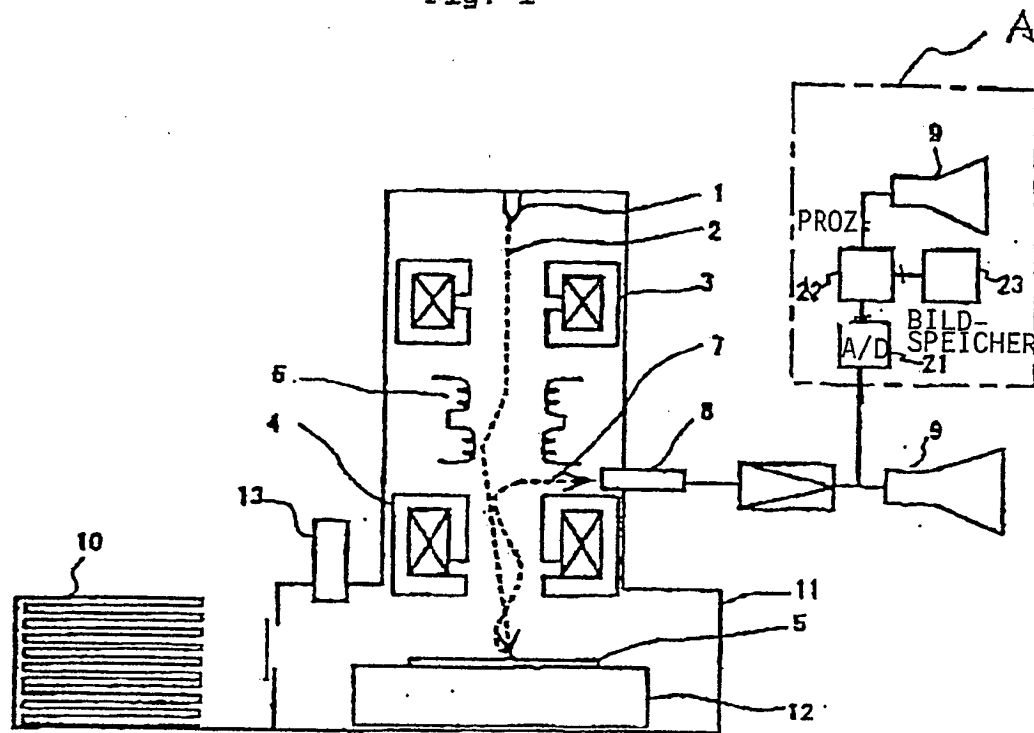


Fig. 2 A

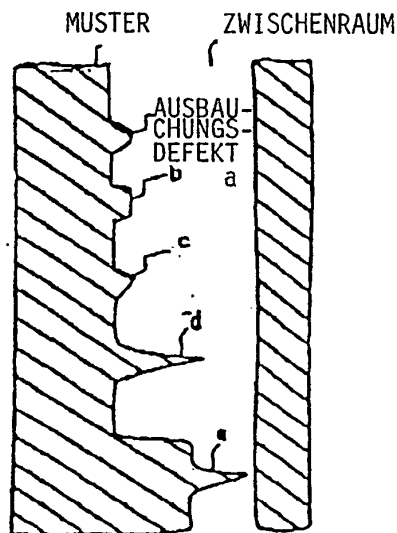


FIG. 2B

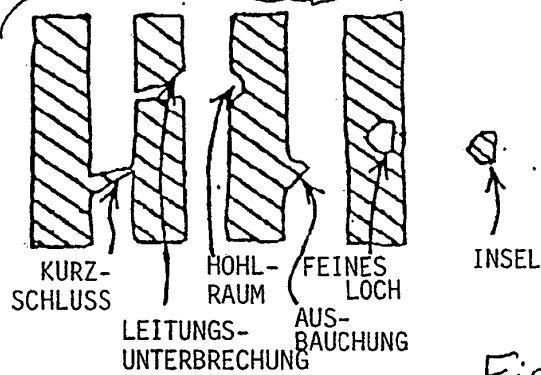


Fig. 2C

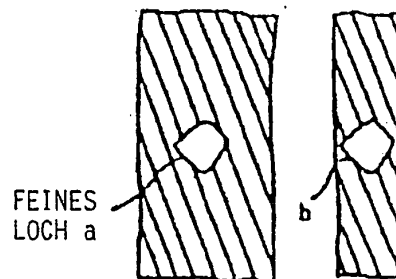


Fig. 2D

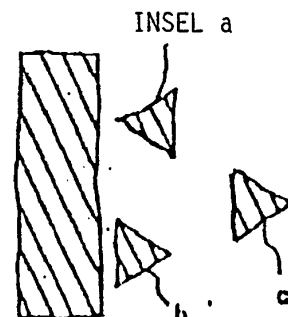


Fig. 3

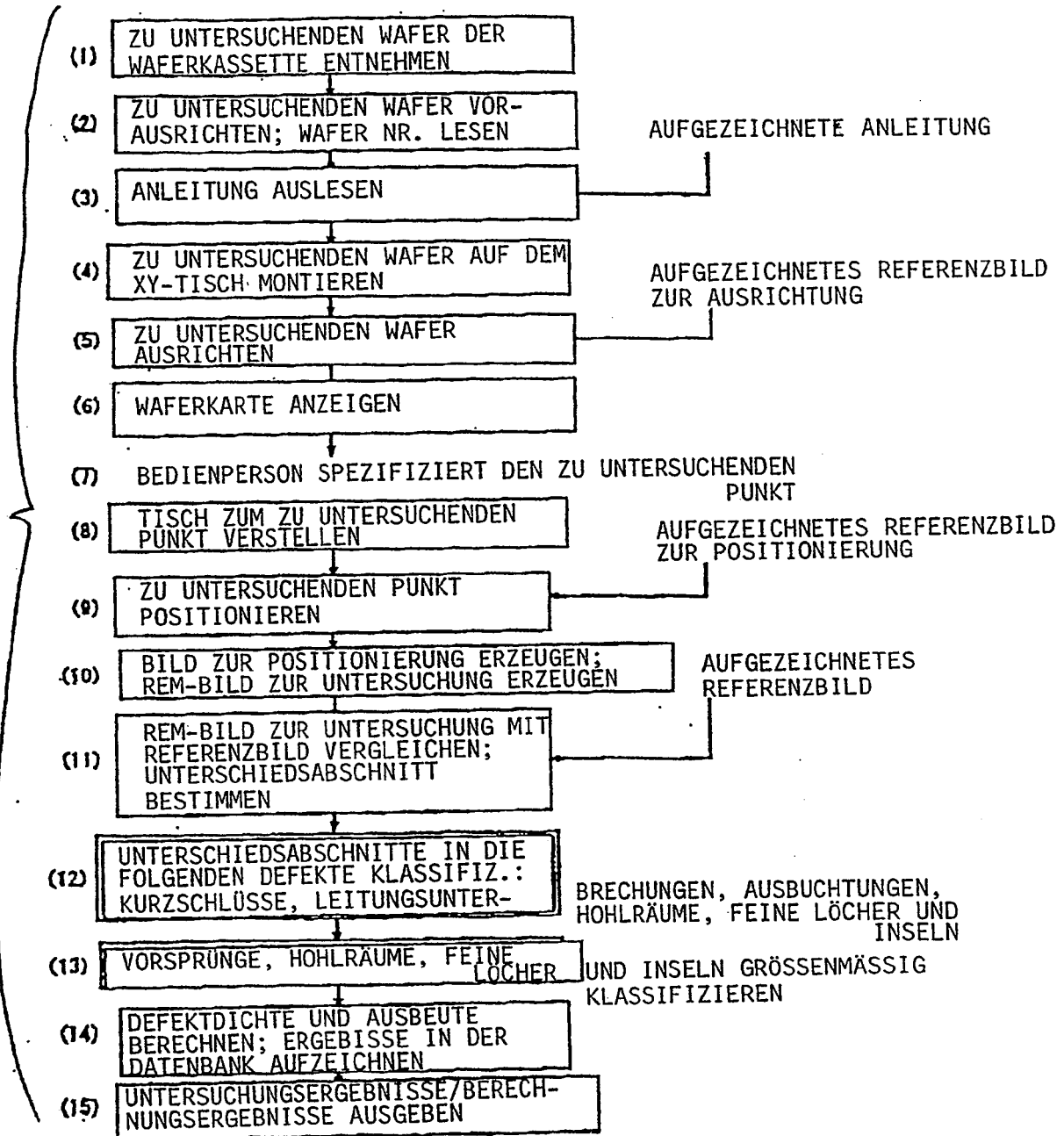


FIG.4

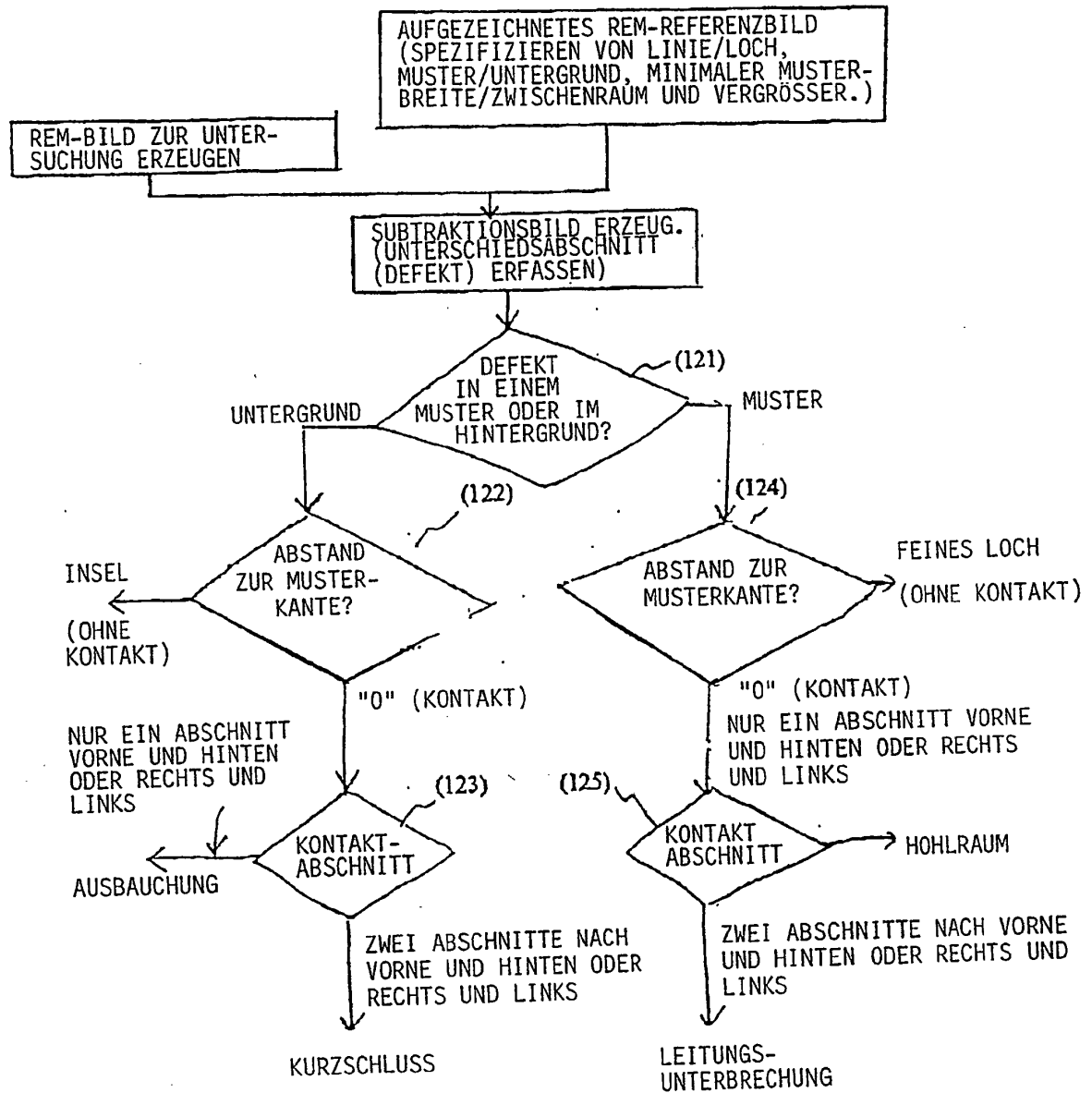


FIG.5

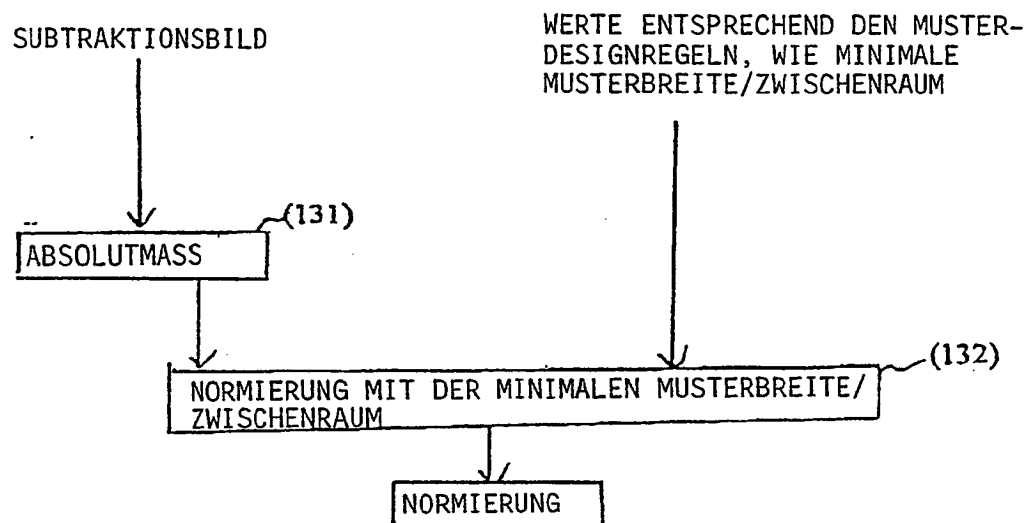


FIG. 6 A

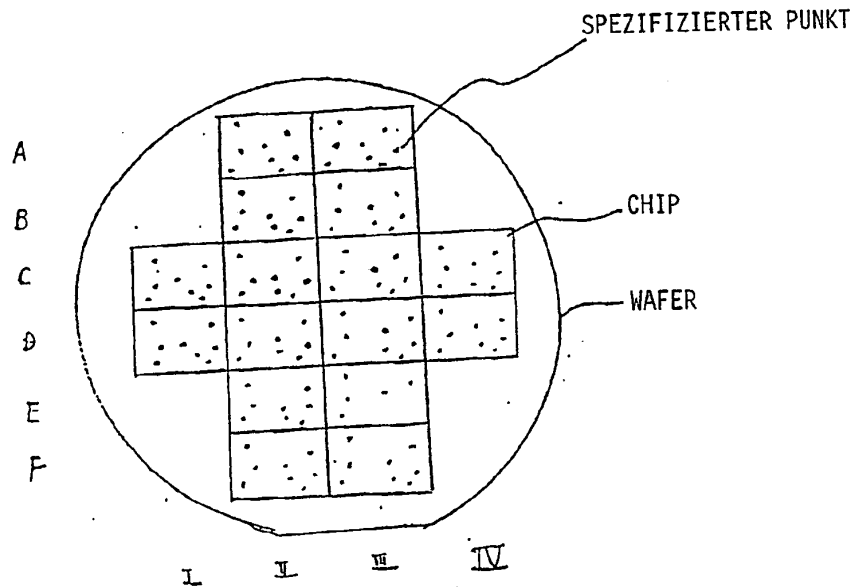


Fig 6 B

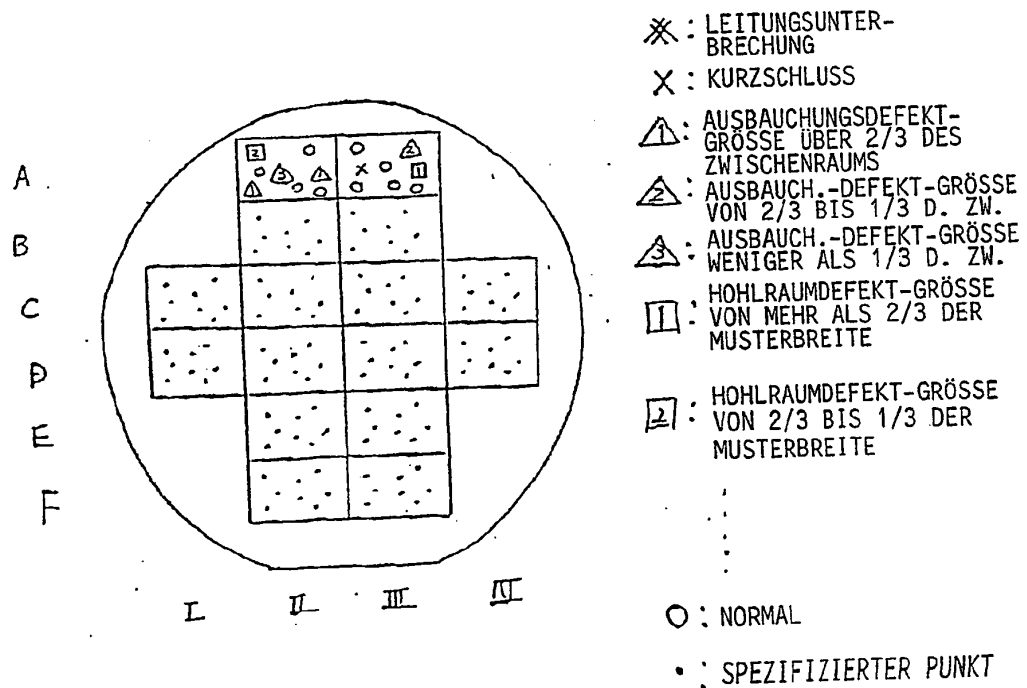


FIG.7

| DEFEKTTYP | CHIPNUMMER | | | | | DEFEKTDICHTE INNERHALB EINES WAFERS | |
|------------------------------------|--|------|-------|------|------|--|------|
| LEITUNGSUNTERBRECHUNG 1 | | A II | A III | B II | .... | .... | 0/16 |
| KURZSCHLUSS | 1 | 0 | 0 | .... | .... | .... | 0/16 |
| AUSBAUCHUNGS- DEFEKT | GRÖSSE ÜBER 2/3 D. ZWISCH. | 0 | 1 | .... | .... | .... | 1/16 |
| | GRÖSSE V. 1/3 BIS 2/3 D.ZW. | 2 | 0 | .... | .... | .... | 2/16 |
| | GRÖSSE UNTER 1/3 D. ZWISCH. | 0 | 1 | .... | .... | .... | 1/16 |
| HOHLRAUM- DEFEKT | GRÖSSE ÜBER 2/3 D. ZWISCH. | 1 | 0 | .... | .... | .... | 1/16 |
| | GRÖSSE ÜBER 2/3 D. MUSTERBR. | 0 | 1 | .... | .... | .... | 1/16 |
| | GRÖSSE VON 1/3 bis 2/3 DER MUSTERBREITE | 1 | 0 | .... | .... | .... | 1/16 |
| FEINES-LOCH- DEFEKT | GRÖSSE ÜBER 1/3 D. MUSTER. | 0 | 0 | .... | .... | .... | 0/16 |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| INSELDEFEKT | .... | .... | .... | .... | .... | .... | .... |
| | | | | | | | |
| KEIN DEFECT (NORMAL) | 0 | 4 | 5 | | | | 9/16 |
| DEFEKTDICHTE INNERHALB EINES CHIPS | | 4/8 | 3/8 | | | | |

FIG. 8

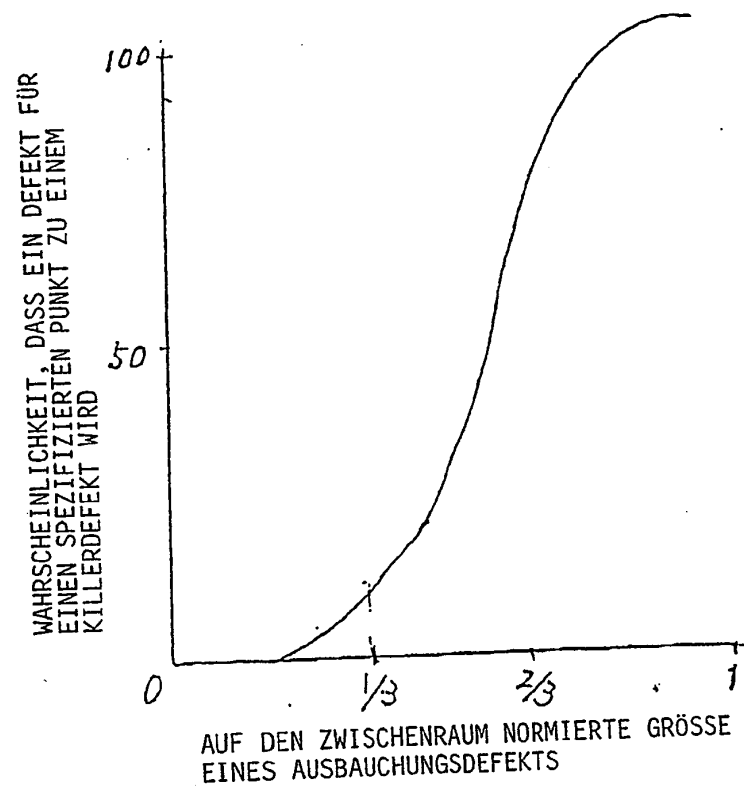


FIG 9

WAHRSCHEINLICHKEITEN DAFÜR, DASS EINZELNE CHIPS IM
ENDERZEUGNIS KILLERDEFEKTE ERZEUGEN

